

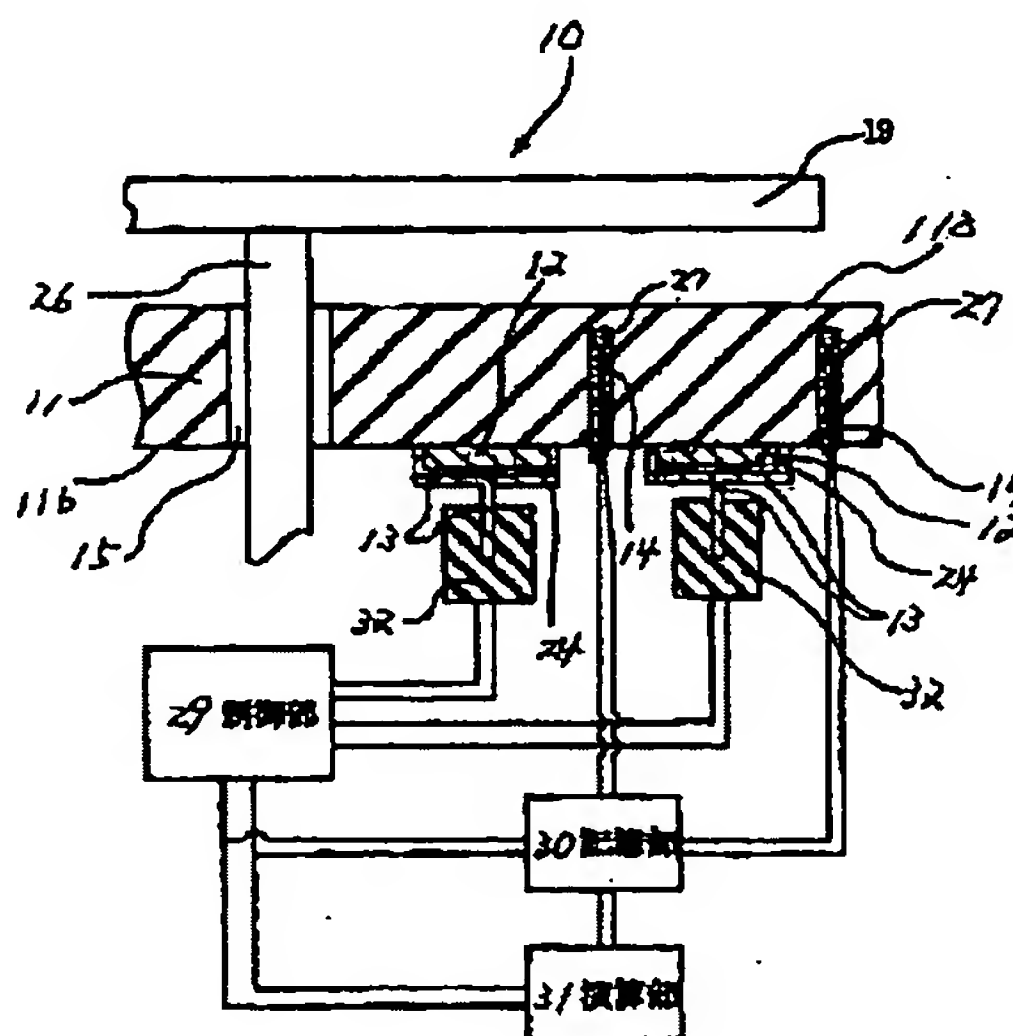
(43) Date of publication of application: **07.09.01**

(72) Inventor: **HIRAMATSU YASUJI**
ITO YASUTAKA
FURUKAWA KAZUMASA

(57) Abstract:

SOLUTION: In this invention, there is formed a heating element on the surface of a ceramic plate or in it. Bottomed holes are drilled toward a heating surface from far side of a heated object surface, and also temperature sensing elements are installed in the bottomed holes, thereby forming the ceramic heating resistor by filling heat resistance resins or ceramics.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-244049

(P 2 0 0 1 - 2 4 4 0 4 9 A)

(43) 公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード (参考)
H05B 3/00	365	H05B 3/00	365 B 3K034
H01L 21/027		3/16	3K058
H05B 3/16		3/18	3K092
3/18		3/20	393 5F046
3/20	393	H01L 21/30	567
審査請求 有 請求項の数 4 O L (全11頁)			

(21) 出願番号 特願2000-240261 (P 2000-240261)

(22) 出願日 平成12年8月8日(2000.8.8)

(31) 優先権主張番号 特願平11-227097

(32) 優先日 平成11年8月11日(1999.8.11)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-364248

(32) 優先日 平成11年12月22日(1999.12.22)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000158

イビデン株式会社

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(72) 発明者 平松 靖二

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ
ン株式会社大垣北工場内

(72) 発明者 伊藤 康隆

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ
ン株式会社大垣北工場内

(74) 代理人 100108741

弁理士 渡邊 順之

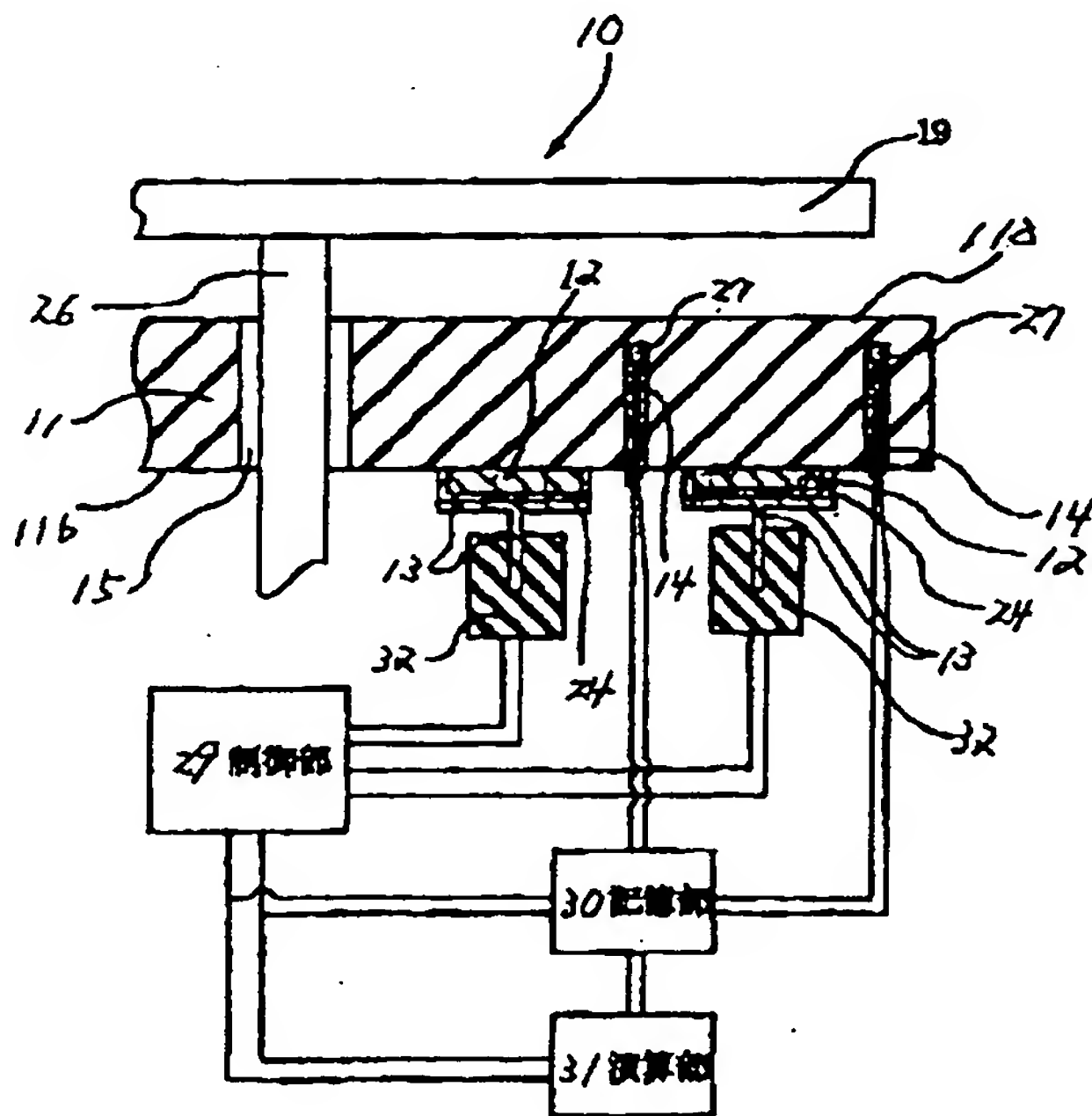
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックヒータ

(57) 【要約】

【課題】 主に半導体産業におけるシリコンウエハ等の乾燥用、スパッタリング用等の用途に好適に使用でき、温度制御性及び加熱面の温度均一性に優れるセラミックヒータの提供。

【解決手段】 セラミック板の表面または内部に発熱体を形成し、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けると共に、この有底孔に測温素子を設け、耐熱性樹脂又はセラミックを充填してセラミックヒータを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータにおいて、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けると共に、この有底孔に測温素子を設け、絶縁材を充填したことを特徴とするセラミックヒータ。

【請求項 2】 セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータにおいて、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けると共に、この有底孔に測温素子を設け、耐熱性樹脂又はセラミックを充填したことを特徴とするセラミックヒータ。

【請求項 3】 前記有底孔の底と加熱面との距離は、0.1 mm～セラミック板の厚さの 1/2 である請求項 1 又は 2 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 4】 前記被加熱物をセラミック板に載置するか又はセラミック板の表面から離間して、加熱する請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 に記載のセラミックヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各種物体の加熱に使用可能なセラミックヒータに関する。詳しくは、主に半導体産業におけるシリコンウエハ等の乾燥用、スパッタリング用等の用途に好適に使用できるセラミックヒータであって、特に温度制御しやすく、加熱面の温度均一性に優れるセラミックヒータに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製品は、シリコンウエハ上に感光性樹脂をエッチングレジストとして形成し、シリコンウエハのエッチングを行う工程を含む数段階の工程を経て製造される。この感光性樹脂は液状であり、スピコートなどを用いてシリコンウエハ表面に塗布されるが、塗布後は乾燥させなければならず、その際には塗布したシリコンウエハをヒータ上に載置して加熱することになる。また、シリコンウエハ表面にスパッタリングなどで導体回路を形成する場合があります、この場合にはシリコンウエハを 200℃以上の高温に加熱する必要がある。従来、このような用途に使用されるヒータは、金属製のヒータであり、それには例えばアルミニウム板の裏面に発熱体を配置したものが採用されている。

【0003】ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。まず、金属製であるため、ヒータ板の厚みは、15 mm 程度と厚くしなければならない。その理由は、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪みが発生してしまい、金属板上に載置したシリコンウエハが破損、変形あるいは傾斜したりしてしまうからである。しかしながら、ヒータ板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、またかさばってしまう。

【0004】さらに、加熱時には、発熱体に印加する電

圧や電流量を変えることにより、加熱温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してヒータ板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。そのため特公平 8-8247 号公報などで提案されているように、発熱体を具備する窒化物セラミックを使用し、発熱体近傍の温度を測定しながら、温度制御する技術が提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明者も、この技術を採用してシリコンウエハを加熱しようとしたが、その際、ヒータ表面に温度分布が発生してしまうという問題が発生した。そこで、本発明者らは、シリコンウエハ破損の原因について鋭意研究した結果、温度制御を行っているにもかかわらず温度分布が発生する理由は、熱電対の応答性が充分ではないためであることを解明した。

【0006】本発明者らは、この問題の解消について更に研究を進めた結果、熱電対の応答性が充分ではない理由は、熱電対を金ろうなどの金属を介してセラミック板に接合させているため、熱容量が大きくなり、温度が正確に電流値に変換されないためであることを知見した。そこで、金属ではなく、絶縁材、具体的には樹脂あるいはセラミックを充填して固化させることにより熱電対をヒータ板のセラミックに接合させたところ、このような問題が解消できることを知見した。

【0007】

【課題を解決するための手段】したがって、本発明は、先の知見に基づいて完成されたものであって、熱電対の応答性に優れ、温度分布が発生しにくいセラミックヒータを提供するものである。その本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータにおいて、被加熱物を載置する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けると共に、この有底孔に測温素子を設け、絶縁材を充填したことを特徴とするものである。

【0008】本発明セラミックヒータにおける絶縁材はセラミック又は耐熱性樹脂から選ばれることが望ましい。断熱性に優れ、測温素子が外界の温度変化の影響を受けないようにするためである。本発明のセラミックヒータは、前記した手段を採用することにより、正確な被加熱物の温度の測定が可能となり、この温度の測定結果に基づいて発熱体の発熱状態を的確に調整することができ、シリコンウエハ等の各種の被加熱物全体を均一に加熱することができる。すなわち、本発明のセラミックヒータでは、測温素子が直接セラミック板に接触し、耐熱性樹脂またはセラミック等の絶縁材で固定されているため、余分な熱容量が存在せず、温度変化を正確に電流に変換でき、その結果として正確な温度測定が可能となり、この温度の測定結果に基づいて発熱体の発熱状態を調整することにより、被加熱物を均一に加熱することが可能となる。

【0009】また、発熱体を保持する窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、セラミック板（以下、ヒータ板という）の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、ヒータ板を薄くて軽いものとする事ができる。さらに、ヒータ板の熱伝導率が高く、ヒータ板自体が薄いため、ヒータ板の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて発熱体の温度を変化させることにより、ヒータ板の表面温度を的確に制御することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明のセラミックヒータは、前記したとおりセラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータにおいて、被加熱物を載置する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けると共に、この有底孔に測温素子を設け、耐熱性樹脂またはセラミックを充填したことを特徴とするものである。その概要を図1を使用してまず説明する。

【0011】図1は、本発明のセラミックヒータの1例を模式的に示す図面であり、セラミックヒータ全体を底面側から見た図である。図1において、ヒータ板11は円板状に形成されており、発熱体12は、ヒータ板11の加熱面（図示した底面の反対側の面）の全体の温度が均一になるように加熱する必要があるため、ヒータ板11の底面に同心円状のパターンに形成されている。

【0012】そして、これら発熱体12は、互いに近接する二本の同心円同士のヒータを1組として、1本の線になるように接続されており、その両端に入出力の端子となる端子ピン13が接続されている。また、中央に近い部分には、シリコンウエハ等の各種の被加熱物を加熱面上に保持するために支持ピン（図示せず）を挿入するための貫通孔15が形成され、さらに、測温素子を挿入するための有底孔14a～14iが形成されている。

【0013】このセラミックヒータ10におけるヒータ板11の厚さについては、0.5～5mmが好ましい。0.5mmより薄いと、強度が低下するため破損しやすくなり、一方、5mmより厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が悪くなる。また、その素材については、熱伝導性のよい各種セラミックが使用可能であるが、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックが望ましい。

【0014】前記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。また、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も

好ましい。その理由は、熱伝導率が180W/m・Kと最も高く、温度追従性に優れるものであるからである。その結果、温度分布の不均一を招きやすいことはあるものの、測温素子について本発明の配置・形成構造をとることより、その問題も回避できるからである。また、炭化物セラミックを使用することもできる。炭化物セラミックとしては、アルミナ、シリカ、ジルコニア、コージェライトなどを使用できる。

【0015】本発明のセラミックヒータ10における有底孔14a～14iは、図2（b）に図示するように形成されるものであるが、その底と加熱面との距離L（同図参照）は、0.1mm～セラミック板の厚さの1/2であることが望ましい。それは、有底孔14a～14iの底と加熱面との距離が0.1mm未満では蓄熱しないので温度が低下しシリコンウエハ等の被加熱物加熱面に温度分布が形成され、厚さの1/2を超えると、発熱体の温度の影響を受けやすくなり、温度制御できなくなり、やはり加熱面に温度分布が形成されてしまうからである。

【0016】前記有底孔14a～14iの直径は、0.3mm～5mmであることが望ましい。それは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下して加熱面との距離を均等にすることができなくなるからである。また、その配置は、図1に示したようにヒータ板11の中心に対して対称で、かつ、十字を形成するように配列することが望ましい。それは、加熱面全体の温度を測定することができるからである。

【0017】前記有底孔には、測温素子を挿入し、その底部でセラミック板に接触させ耐熱性樹脂等で固定して、測温素子はセラミック板と接合する。その測温素子としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602（1980）に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。熱電対とセラミック板との接合部の大きさについては、素線の径よりも大きく、0.5mm以下であることが望ましい。それは、接合部が大きい場合には、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

【0018】前記測温素子を、有底孔14a～14iに挿入した後は、前記したとおり耐熱性樹脂あるいはセラミックで封止することになるが、その際に両者を併用してもよい。前記耐熱性樹脂としては、例えば熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂、シリコン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。また、セラミックとしては、アルミナゾル、シリカゾル等を使用することができ、これらのセラミックゾルを乾燥させてゲル化することにより測温素

子を固定する。

【0019】前記セラミックヒータにおける発熱体の設置位置については、図1に図示するようにヒータ板の一面の表面又はヒータ板の内部のいずれであってもよい。前者の場合には、図3に図示するように対向する表面をシリコンウエハなどの被加熱物を加熱する加熱面とするのがよく、後者の場合には、図2のように板状体の厚さ方向に中心より偏芯させて配置し、発熱体から遠い方の面を加熱面とすることが望ましい。本発明では、発熱体の設置位置をこのように設定することにより、発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、ヒータ板全体に拡散し、被加熱物（例えばシリコンウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。なお、被加熱物は、セラミック板に載置してもよく、セラミック板から離間して保持しながら加熱してもよい。離間する場合は5～5000 μ mが望ましく、50～500 μ mの距離が好適である。

【0020】セラミックヒータの設置位置について更に言及すると、本発明の発熱体12を図2のようにヒータ板11の内部に偏芯して形成する場合については、その位置は、ヒータ板11の加熱面に対向する面（底面）に近い位置で、加熱面から底面までの距離に対して50%を超え、99%までの位置とすることが望ましい。それは50%以下であると、加熱面に近すぎるため、温度に不均一な分布が発生してしまい、逆に、99%を超えると、ヒータ板11自体に反りが発生して、シリコンウエハ等の被加熱物が破損するからである。

【0021】さらに、発熱体12をヒータ板11の内部に形成する場合については、発熱体を形成する層を一層とするのではなく、複数の層に分けて形成してもよい。その場合は、各層のパターンは、加熱面に直交する方向でみて、相互に補完するようにどこかの層に発熱体12が形成され、加熱面の上方から見ると、すべての領域にも発熱体のパターンが存在するように形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。

【0022】前記発熱体12の配置パターン（形状）については、図1に示した同心円のほかに、例えば、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられるが、同心円状の配置が好ましい。同心円状パターンの場合には、図1に示したように少なくとも2以上の回路に分割されていることが望ましく、2～10の回路に分割されていることがより望ましい。回路を分割することにより、各回路に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、シリコンウエハ等の加熱面の温度を調整することができるからである。

【0023】発熱体の断面形状については、特に制限されるわけではなく、断面が矩形であっても楕円であってもよいが、図2及び3に図示するように偏平であること

が望ましい。それは偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度分布ができにくいからである。その際の断面のアスペクト比（発熱体の幅／発熱体の厚さ）については、10～5000であることが望ましい。それは、この範囲に調整することにより、発熱体12の抵抗値を大きくすることができると共に加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【0024】その理由は、発熱体12の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、ヒータ板11のウエハ加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、発熱体12のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると発熱体12の中央の直上部分が高温となってしまう、結局、発熱体12のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

【0025】その際、発熱体12をヒータ板11の表面に形成する場合には、アスペクト比を10～200、また発熱体12をヒータ板11の内部に形成する場合には、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。以上のとおりであるから、発熱体12は、ヒータ板11の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、それは、発熱体12を内部に設けると、加熱面と発熱体12との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、発熱体12自体を偏平にする必要があるからである。

【0026】発熱体12の具体的厚さについては、図1に示したように、ヒータ板11の表面に発熱体12を形成する場合には、1～30 μ mが好ましく、1～10 μ mがより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、1～50 μ mが好ましい。さらに、発熱体12の幅については、ヒータ板11の表面に発熱体12を形成する場合には、その幅は、0.1～20mmが好ましく、0.1～5mmがより好ましい。発熱体をヒータ板11の内部に形成する場合には、その厚みは、5～20 μ mが好ましい。

【0027】発熱体12は、その幅や厚さにより抵抗値が変化し、加熱能力に変化を持たせることができるが、発熱体を内部に形成した場合も表面に形成した場合も、それぞれ上記した範囲が最も実用的である。なお、抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。発熱体12は、ヒータ板11の内部に形成した場合の方が、表面に形成した場合に比し、前記したとおり厚み、幅とも大きくなる。

【0028】それは、発熱体12をセラミック板内部に設けると、加熱面と発熱体との距離が短くなり、表面の温度の均一性が低下するため、発熱体12自体の幅を広げる必要があること、内部に発熱体を設けるために、窒化物セラミック等との密着性を考慮する必要性がないた

め、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよい。そのため、発熱体12は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

【0029】本発明におけるヒータ板11の表面への発熱体12の形成は、金属粒子を含む導電ペーストをヒータ板11の表面に塗布して所定パターンの導体ペースト層を形成し、その後、これを焼き付けヒータ板11の表面で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。その際の導電ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤、金属酸化物などを含むものが好ましい。

【0030】前記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するのに必要な充分な抵抗値を有するからである。また前記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0031】それら金属粒子又は導電性セラミック粒子の粒径は、0.1~100 μ mが好ましい。それは、0.1 μ m未満と微細すぎると酸化されやすく、逆に、100 μ mを超えると焼結しにくくなり抵抗値が大きくなるからである。上記金属粒子の形状は、球状であってもリン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。上記金属粒子がリン片状物、又は球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間に配合された金属酸化物を保持しやすくなり、発熱体12と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0032】導電ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。導電ペーストには、上記したように、金属粒子に金属酸化物を添加し、発熱体12を金属粒子および金属酸化物を焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、ヒータ板である窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと金属粒子とを密着させることができる。

【0033】前記したように金属酸化物を混合すること

により生ずる金属粒子と窒化物セラミック又は炭化物セラミックとの密着性が改善される技術的理由については、明確ではないが、金属粒子表面、窒化物セラミック及び炭化物セラミックの表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミック又は炭化物セラミックとが密着するのではないかと考えられる。

【0034】前記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。それは、これらの酸化物が発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとの密着性を改善することができるからである。

【0035】上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニア等の各酸化物相互の配合割合については、金属酸化物の全量を100重量部とした場合に、重量比で、酸化鉛が1~10、シリカが1~30、酸化ホウ素が5~50、酸化亜鉛が20~70、アルミナが1~10、イットリアが1~50、チタニアが1~50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミックとの密着性を改善することができる。

【0036】上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導電ペーストを使用して発熱体12を形成した際の面積抵抗率は、1~45m Ω /□が好ましい。面積抵抗率が45m Ω /□を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、ヒータ板の表面に発熱体12を設けたヒータ板11では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が50m Ω /□を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【0037】発熱体12をヒータ板11の表面に形成する場合には、発熱体12の表面部分に金属被覆層（図3参照）24を形成することが望ましい。それは内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止することができるためである。その際に形成する金属被覆層の厚さは、0.1~10 μ mが好ましい。金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルなどが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0038】これらのなかでは、ニッケルが好ましいが、それは、発熱体12には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して発熱体12

に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コパール製の端子ピン13が挙げられる。

【0039】また、発熱体12をヒータ板11の内部に形成する場合には、発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。発熱体12をヒータ板11内部に形成する場合、発熱体の一部が表面に露出しているもよく、発熱体を接続するためのスルーホールが接続端子部分に設けられ、このスルーホールに接続端子が接続、固定されていてもよい。その際の接続端子を接続するための半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1~50 μ mが好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

【0040】次いで、本発明のセラミックヒータ、特にヒータ板の底面に発熱体を形成したセラミックヒータ（すなわち図1に図示された構造のセラミックヒータ）の製造方法について、図1に基づいて説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

前記した窒化アルミニウムなどの窒化物セラミック又は炭化物セラミックの粉末に必要な応じてイットリア等の焼結助剤やバインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を作製する。それに続いて、生成形体に、必要に応じてシリコンウエハを支持するための支持ピンを挿入する貫通孔15となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔14a~14iとなる部分をドリル加工等により形成する。

【0041】次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、ヒータ板11を作製するが、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないヒータ板11を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、具体的には窒化物セラミックまたは炭化物セラミックでは、1000~2500℃である。

【0042】(2) ヒータ板に導電ペーストを印刷する工程

導電ペーストは、前記したとおり、一般に金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導電ペーストをスクリーン印刷などを用い、発熱体を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。発熱体は、ヒータ板全体を均一な温度にする必要があることから、図1に示すような同心円からなるパターンに印刷することが望ましい。導体ペースト層は、焼成後の発熱体12の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

【0043】(3) 導体ペースト層の焼成

ヒータ板11の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、ヒータ板11の底面に焼き付け、発熱体12を形成する。加熱焼成の温度は、500~1000℃が好ましい。導電ペースト中に上述した金属酸化物を添加しておくこと、金属粒子、ヒータ板および金属酸化物が焼結して一体化するため、発熱体とヒータ板との密着性が向上する。

【0044】(4) 金属被覆層の形成

発熱体12表面には、金属被覆層を設けることが望ましい。金属被覆層は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等の各種手段により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【0045】(5) 端子等の取り付け

発熱体12のパターンの端部に電源との接続のための端子（端子ピン13）を半田で取り付ける。また、有底孔14a~14iに熱電対を挿入し、ポリイミド等の耐熱樹脂、セラミックで封止し、セラミックヒータ10の製造を終了する。本発明のセラミックヒータは、150℃以上で使用することができる。また、セラミック板中に、電極を埋設して静電チャックとしたり、セラミック板の表面にチャックトップ導体層を、内部にガード電極、グランド電極を設けてウエハブローバとして使用することが可能である。

【0046】以上のセラミックヒータの製造方法は、ヒータ板の底面に発熱体を具備する構造のセラミックヒータの製造方法であるから、つぎにヒータ板内部に発熱体を具備するセラミックヒータの製造方法について説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

まず、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてドクターブレード法等でシート状に成形してグリーンシートを作製する。グリーンシートの厚さは、0.1~5mmが好ましい。

【0047】その際のセラミック粉末としては、窒化アルミニウム、炭化ケイ素などを使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤を加えてもよい。また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニラールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。さらに溶媒としては、 α -テルピオネ、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

【0048】次いで、得られたグリーンシートに、必要に応じて、被加熱物のシリコンウエハ等を支持するための支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分、発熱体を外部の端子ピンと接続するためのスルーホールとなる部分等を形成する。なお、上記加工は後述するグリーンシ

ート積層体を形成した後に行ってもよい。

【0049】(2) グリーンシート上に導電ペーストを印刷する工程

グリーンシート上に、金属または導電性セラミックを含む導電ペーストを印刷する。これらの導電ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。金属粒子はタングステン粒子またはモリブデン粒子がよく、その粒子の平均粒子径は、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ が好ましい。それは平均粒子径が $0.1 \mu\text{m}$ 未満であるか、 $5 \mu\text{m}$ を超えると、導電ペーストを印刷しにくいからである。

【0050】このような導電ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子85～87重量部：アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニラールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部：および、 α -テルピオネ、グリコールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～10重量部を混合した組成物（ペースト）が挙げられる。

【0051】(3) グリーンシートの積層工程

導電ペーストを印刷していないグリーンシートを、導電ペーストを印刷したグリーンシートの上下に積層する。このとき、上側に積層するグリーンシートの数を下側に積層するグリーンシートの数よりも多くして、発熱体の形成位置を底面の方向に偏芯させる。具体的には、上側のグリーンシートの積層数は20～50枚、下側のグリーンシートの積層数は5～20枚が好ましい。

【0052】(4) グリーンシート積層体の焼成工程

グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシート及び内部の導電ペースト層を焼結させる。加熱温度は、 $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$ が好ましく、加圧の圧力は、 $100 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ が好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などを使用することができる。

【0053】また、測温素子を挿入するための有底孔の形成は積層体形成時ではなく、焼成後に行ってもよい。その際の有底孔の形成は、表面研磨後に、サンドブラスト、ショットブラスト等のブラスト処理で行うことができる。焼成後、内部の発熱体と接続するためのスルーホールに端子を接続し、加熱してリフローする。加熱温度は、 $200 \sim 500^\circ\text{C}$ が好適である。さらに、測温素子としての熱電対などを耐熱性樹脂で封止し、セラミックヒータの製造を終了する。

【0054】本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体を形成し、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けると共に、この有底孔に測温素子を設け、耐熱性樹脂又はセラミックを充填したことを特徴とするものであるが、これに更に上記発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温素子により測定された温度データを記憶する記憶部

と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてセラミックヒータ装置とすることが望ましい。

【0055】このようにすることにより、温度の測定結果を記憶部に記憶し、上記記憶部で記憶された温度データに基づき、均一加熱のために発熱体に投入する電圧を演算部で計算し、この計算結果に基づき、制御部より制御電圧を発熱体に印加するので、シリコンウエハ等の被加熱物全体を均一に加熱することが可能となる。

【0056】また、窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、ヒータ板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、ヒータ板の熱伝導率が高く、ヒータ板自体が薄いため、ヒータ板の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。

【0057】図2(a)は、本発明のセラミックヒータと、そのセラミックヒータの発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温素子により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えたセラミックヒータ装置を図示するものであり、この図においては、セラミックヒータは部分断面図で、そのセラミックヒータが具備する他の設備はブロック線図で図示されている。同

(b)は、セラミックヒータの一部、特に有底孔の部分を部分拡大した断面図である。

【0058】この図のセラミックヒータは、図1の場合とは異なり発熱体12a、12bがヒータ板11内部に埋設されており、その発熱体は同様に図1とは異なり2重の同心円を1組としたものではなく、一重の円を同心円としたものである。その発熱体12a、12bは、スルーホール28を介して底面に設けられた端子ピン13に接続されている。さらに、端子ピン13には、ソケット32が取り付けられ、このソケット32は、電源を有する制御部29に接続されている。

【0059】そして、ヒータ板11には、底面11b側から有底孔14が設けられ、この有底孔14の底には、熱電対27が固定されている。その熱電対27は、記憶部30に接続され、各熱電対27の温度を一定時間毎に測定し、そのデータを記憶することができるようになっている。さらに、この記憶部30は、制御部29に接続されるとともに、演算部31に接続され、記憶部30に記憶されたデータに基づき、演算部31で制御する電圧値等の計算を行い、これに基づき、制御部29から各発熱体11に対して所定の電圧を印加し、加熱面11aの温度を均一化することができるようになっている。

【0060】また、ヒータ板11には貫通孔15が複数個（図中では、1個のみ）設けられている。その貫通孔15には支持ピン26が挿入され、この支持ピン26上に被加熱物例えばシリコンウエハ19が載置されるようになっている。さらに、この支持ピン26を上下させる

ことにより、シリコンウエハ 1 9 を図示しない搬送機に渡したり、搬送機からシリコンウエハ 1 9 を受け取ったりすることができるようになっている。なお、セラミックヒータ 1 0 を構成する各部材やヒータ板 1 1 に形成する有底孔 1 4 等は、特に前記したところ以外の部分については図 1 のセラミックヒータの場合と同様に構成されているので、ここではその詳細な説明は省略する。

【0 0 6 1】次に、本発明のセラミックヒータ 1 0 の動作について、発熱体をヒータ板に埋設した構造を採用している図 2 のセラミックヒータにより説明する。まず、制御部 2 9 を作動させることによりセラミックヒータ 1 0 に電力を投入すると、ヒータ板 1 1 自体の温度が上がり始め、外周部の方の表面温度がやや低温になる。熱電対 2 7 がこの変化を測温しており、その測温したデータは、記憶部 3 0 に一端格納される。

【0 0 6 2】その後、この測温された温度データは、演算部 3 1 に送られ、演算部 3 1 において、各測定点における温度の差 ΔT を演算し、さらに、加熱面 1 1 a の温度の均一化のために必要なデータ ΔW を演算する。例えば、発熱体 1 2 a と発熱体 1 2 b における温度差 ΔT があり、発熱体 1 2 a の方が低ければ、 ΔT を 0 にするような電力データ ΔW を演算し、これを制御部 2 9 に送信して、これに基づいた電力を発熱体 1 2 a に投入して昇温させるのである。

【0 0 6 3】電力の計算アルゴリズムについては、ヒータ板 1 1 の比熱と加熱域の重量から昇温に必要な電力を演算する方法が最も簡便であり、これに発熱体パターンに起因する補正係数を加味してもよい。また、予め、特定の発熱体パターンについて昇温試験を行い、測温位置、投入電力、温度の関数を予め求めておき、この関数から投入電力を演算してもよい。そして、演算部 3 1 で演算された電力に対応する印加電圧と時間とを制御部 2 9 に送信し、制御部 2 9 でその値に基づいて各発熱体 1 2 に電力を投入することになる。

【0 0 6 4】図 3 は、図 2 (a) と同様に、本発明のセラミックヒータと、そのセラミックヒータの発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温素子により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えたセラミックヒータ装置を図示するものであり、発熱体は図 2 の場合のようにヒータ板内に埋設されているのではなく、図 1 のセラミックヒータの場合と同様にヒータ板の底面に設置されている。

【0 0 6 5】このヒータ板 1 1 の底面 1 1 b に形成された発熱体 1 2 a、1 2 b の周囲には金属被覆層 2 4 が形成されており、その発熱体 1 2 a、1 2 b には更に金属被覆層 2 4 を介して端子ピン 1 3 が接続、固定されている。また、その端子ピン 1 3 にはソケット 3 2 が取り付けられており、そのソケット 3 2 には、電源を有する制御部 2 9 に接続されている。なお、そのほかは、図 2 に

示したセラミックヒータと同様に構成されている。

【0 0 6 6】図 3 に示したセラミックヒータ 1 0 の動作も、図 2 に示したセラミックヒータと同様であり、2 個の熱電対の温度を一定時間毎に測定して記憶部 3 0 で記憶し、このデータから演算部 3 1 で制御する電圧値等の計算を行い、これに基づき、制御部 2 9 から発熱体 1 2 a、1 2 b に対して所定の電圧を印加して、セラミックヒータ 1 0 の加熱面 1 1 a 全体の温度を均一化することができるようになっている。

【0 0 6 7】

【実施例】以下において、本発明に関し実施例に基づいて更に詳細に説明するが、本発明は、この実施例により何等限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて把握されるものであることはいうまでもないことである。

〈実施例 1〉 窒化アルミニウム製のセラミックヒータ (図 1 参照) の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末 (平均粒径 : 1 . 1 μ m) 1 0 0 重量部、イットリア (平均粒径 : 0 . 4 μ m) 4 重量部、アクリル系バインダ 1 2 重量部及びアルコールからなる組成物をスプレードライし、顆粒状の粉末を作製した。

【0 0 6 8】(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体 (グリーン) を得た。この生成形体にドリル加工を施し、シリコンウエハの支持ピンを挿入する貫通孔 1 5 となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔 1 4 a ~ 1 4 i となる部分 (直径 : 1 . 1 mm、深さ : 2 mm) を形成した。

【0 0 6 9】(3) この加工処理の終わった生成形体を 1 8 0 0 $^{\circ}$ C、圧力 : 2 0 0 k g / c m² でホットプレスし、厚さが 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。次に、この板状体から直径 1 2 インチ (3 0 0 mm) の円板体を切り出し、セラミック製の板状体 (ヒータ板) 1 1 とした。

【0 0 7 0】(4) 上記 (3) で得たヒータ板 1 1 に、スクリーン印刷にて導電ペーストを印刷した。印刷パターンは、図 1 に示したような同心円状のパターンとした。導電ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベスト P S 6 0 3 D を使用した。この導電ペーストは、銀 - 鉛ペーストであり、銀 1 0 0 重量部に対して、酸化鉛 (5 重量 %)、酸化亜鉛 (5 5 重量 %)、シリカ (1 0 重量 %)、酸化ホウ素 (2 5 重量 %) 及びアルミナ (5 重量 %) からなる金属酸化物を 7 . 5 重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が 4 . 5 μ m で、リン片状のものであった。

【0 0 7 1】(5) 次に、導電ペーストを印刷したヒータ板 1 1 を 7 8 0 $^{\circ}$ C で加熱、焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにヒータ板 1 1 に焼き付け、発熱体 1 2 を形成した。銀 - 鉛の発熱体 1 2 は、厚さが

5 μm 、幅が 2. 4 mm、面積抵抗率が 7. 7 $\text{m}\Omega/\square$ であった。

【0072】(6) 硫酸ニッケル 80 g/l、次亜リン酸ナトリウム 24 g/l、酢酸ナトリウム 12 g/l、ほう酸 8 g/l 及び塩化アンモニウム 6 g/l の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記(5) で作製したヒータ板 11 を浸漬し、銀-鉛の発熱体 12 の表面に厚さ 1 μm の金属被覆層 (ニッケル層) を析出させた。

【0073】(7) 電源との接続を確保するための端子を取り付ける部分に、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト (田中貴金属製) を印刷して半田層を形成した。ついで、半田層の上にコパル製の端子ピン 13 を載置して、420℃ で加熱タフローし、端子ピン 13 を発熱体 12 の表面に取り付けた。

【0074】(8) 温度制御のための熱電対を有底孔に挿入し、ポリイミド樹脂を充填し、190℃ で 2 時間硬化させ、セラミックヒータ 10 を得た。

【0075】〈実施例 2〉 炭化ケイ素製のセラミックヒータの製造

平均粒径 1. 0 μm の炭化ケイ素を使用し、焼結温度を 1900℃ とし、さらに得られたヒータ板の表面を 1500℃ で 2 時間焼成して表面に厚さ 1 μm の SiO_2 層を形成したほかは、実施例 1 と同様にし、炭化ケイ素製のセラミックヒータを製造した。

【0076】〈実施例 3〉 発熱体を内部に有するセラミックヒータの製造

(1) 窒化アルミニウム粉末 (トクヤマ社製 平均粒径: 1. 1 μm)、イットリア (平均粒径: 0. 4 μm) 4 重量部、アクリルバイнда 11. 5 重量部、分散剤 0. 5 重量部及び 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 53 重量部を混合したペーストを用い、ドクタープレート法により成形を行って、厚さ 0. 47 mm のグリーンシートを得た。

【0077】(2) それに続いて、このグリーンシートを 80℃ で 5 時間乾燥させた後、パンチングにより直径 5. 0 mm のシリコンウエハ支持ピンを挿入する貫通孔 15 となる部分、端子ピンと接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0078】(3) 次に、平均粒子径 1 μm のタングステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バイнда 3. 0 重量部、 α -テルピオーネ溶媒 3. 5 重量部及び分散剤 0. 3 重量部を混合して導電ペースト A を調製した。さらに、平均粒子径 1 μm のタングステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バイнда 1. 9 重量部、 α -テルピオーネ溶媒 3. 7 重量部及び分散剤 0. 2 重量部を混合して導電ペースト B を調製した。

【0079】(4) この導電性ペースト A を用いて、グリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、図 1 に図示したような同

心円パターンとした。また、端子ピンを接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側 (加熱面) に 37 枚、下側に 13 枚、130℃、80 kg/cm² の圧力で積層した。

【0080】(5) このようにして得られた積層体を窒素ガス中、600℃ で 5 時間脱脂し、1890℃、圧力 150 kg/cm² で 3 時間ホットプレスし、厚さ 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。これを 300 mm の円板状に切り出し、内部に厚さ 6 μm 、幅 10 mm の発熱体を有するセラミックヒータとした。

【0081】(6) 次に、前記(4) で得た板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、ガラスビーズによるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔 (直径: 1. 2 mm、深さ: 2. 0 mm) を設けた。

【0082】(7) その後、スルーホール用の貫通孔の一部をえぐり取って凹部とし、この凹部に Ni-Au からなる金ろうを用い、700℃ で加熱リフローしてコパル製の端子ピンを接続させた。なお、端子ピンの接続は、タングステンの支持体が 3 点で支持する構造が望ましい。それは接続信頼性を確保することができるからである。

【0083】(8) さらに、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に挿入し、シリカゾルを埋め込み、100℃ で 1 時間乾燥させてセラミックヒータの製造を完了した。

【0084】〈実施例 4〉 実施例 2 と同様であるが、ポリイミドの代わりに市販のセラミックゾル (東亜合成製 商品名 アロンセラミック) を充填し、100℃ で 1 時間乾燥させた。

【0085】〈比較例〉 実施例 1 と同様であるが、ポリイミド樹脂に代えて、金ろう (81. 5% Au-17. 5% Ni) を使用し、1030℃ で溶融させて熱電対を接合させた。

【0086】〈性能試験〉 200℃ まで昇温した場合の直径 300 mm の円板形状のセラミック板の最大温度と最低温度の差を表面温度をサーモビューア (日本データム株式会社 IR162012-0012) を用いて、実施例、比較例について調べた。

実施例 1	9℃
実施例 2	10℃
実施例 3	9℃
実施例 4	8℃
比較例	20℃

【0087】〈実施例 5〉 本実施例では、実施例 1 のセラミックヒータの表面から 100 μm の位置にシリコンウエハを支持ピン 26 を用いて支持し (図 2 a)、300℃ まで昇温して加熱した。ウエハの最高温度と最低温度の差は 10℃ であった。

【0088】

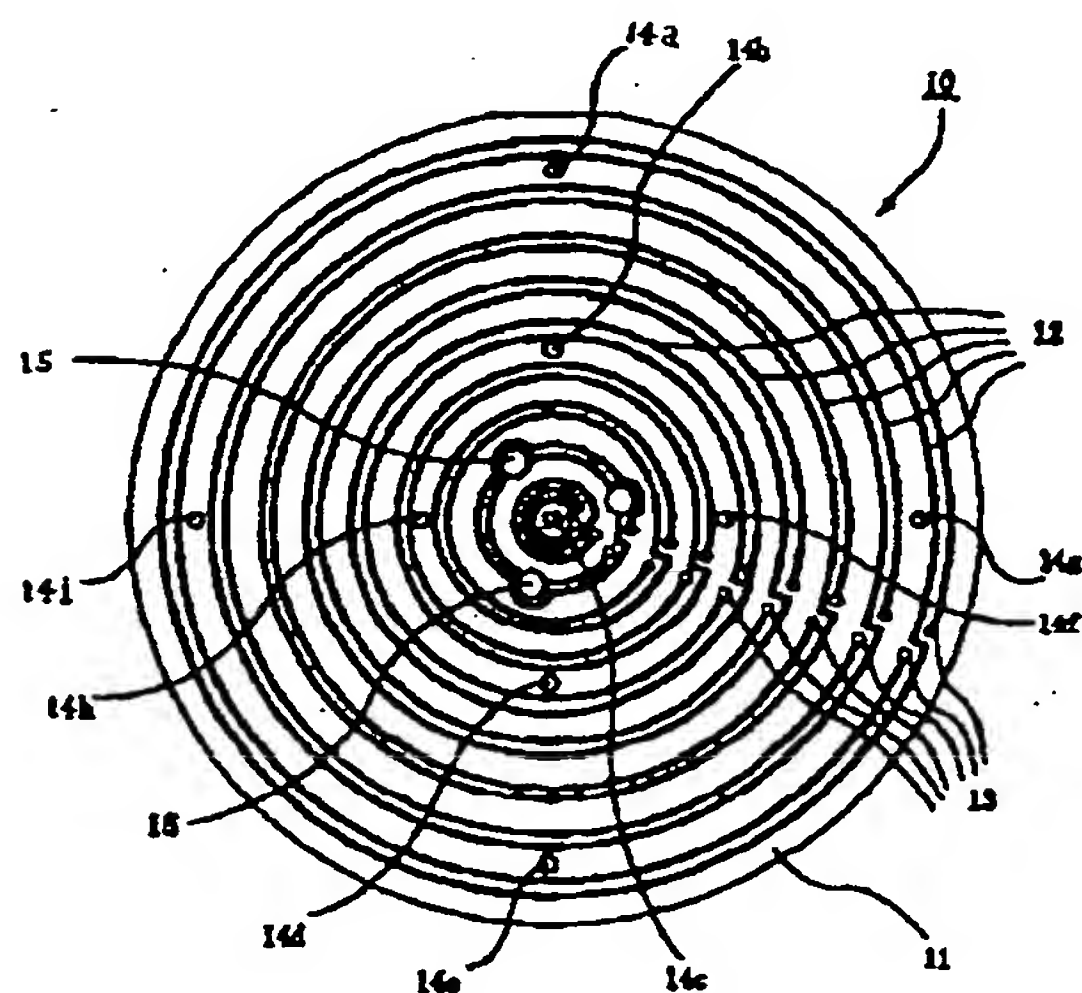
【発明の効果】以上説明したように本発明のセラミックヒータによれば、正確な被加熱物の温度の測定が可能となり、この温度の測定結果に基づいて発熱体の発熱状態を調整することにより、シリコンウエハ全体を均一に加熱することができる。すなわち、本発明のセラミックヒータでは、測温素子が直接セラミック板に接触し、耐熱性樹脂またはセラミックで固定されているため、余分な熱容量が存在せず、温度変化を正確に電流に変換でき、その結果として正確な温度測定が可能となり、この温度の測定結果に基づいて発熱体の発熱状態を調整することにより、被加熱物を均一に加熱することが可能となる。

【0089】また、発熱体を保持する窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、セラミック板（以下、ヒータ板という）の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、ヒータ板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、ヒータ板の熱伝導率が高く、ヒータ板自体が薄いため、ヒータ板の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて発熱体の温度を変化させることにより、ヒータ板の表面温度を的確に制御することができる。以上のとおり本発明は卓越した効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のセラミックヒータの1例を模式的に示す図面であり、発熱体をヒータ板底面に備えたセラミッ

【図1】



クヒータ全体を底面側から見た図である。

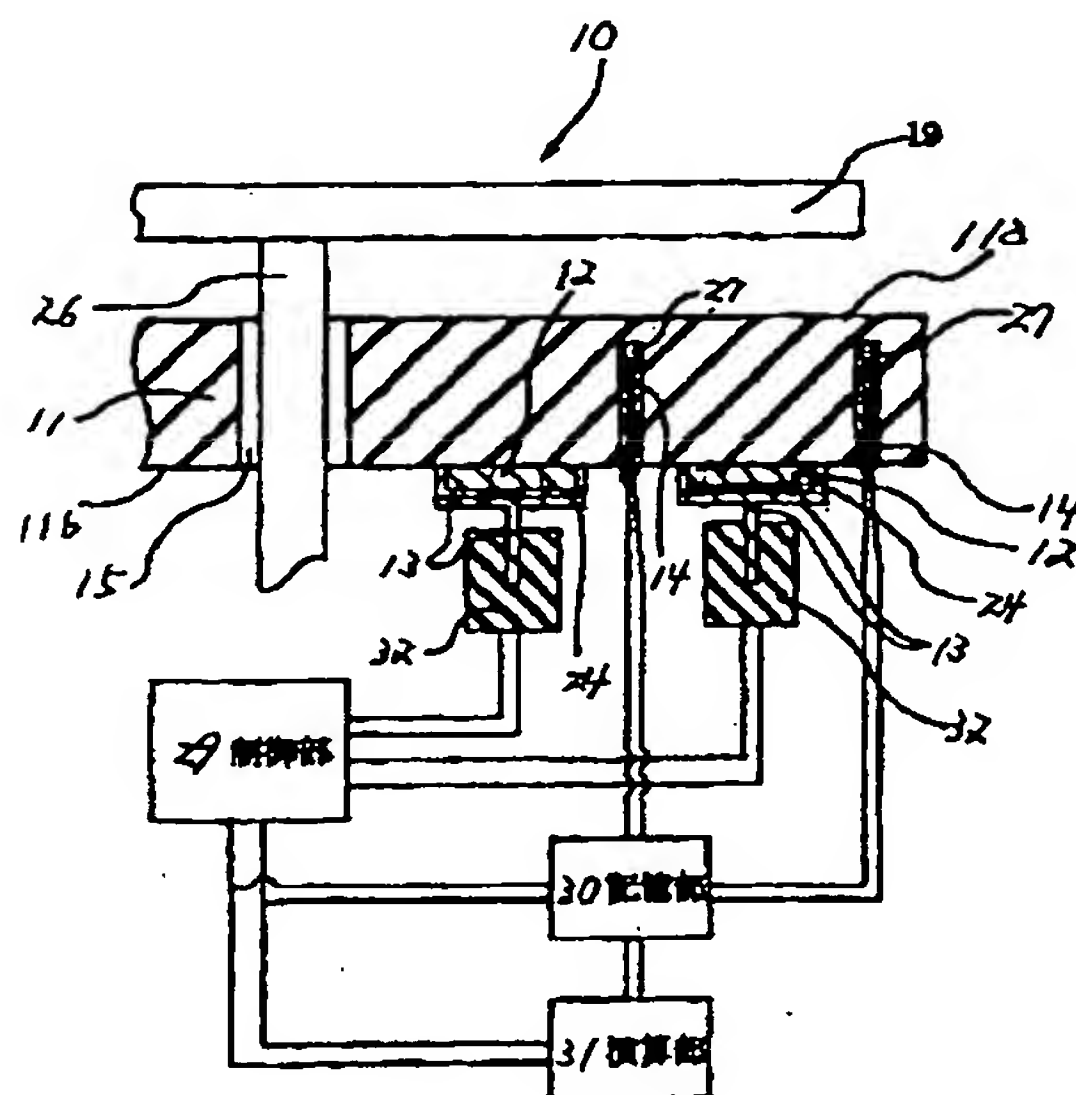
【図2】（a）は、本発明の発熱体をヒータ板内部に埋設し、かつ部分断面図で図示されたセラミックヒータに付帯設備を具備したセラミックヒータ装置のブロック線図である。（b）は、セラミックヒータの有底孔の部分を部分拡大した断面図である。

【図3】本発明の発熱体をヒータ板底面に備え、かつ部分断面図で図示されたセラミックヒータに付帯設備を具備したセラミックヒータ装置のブロック線図である。

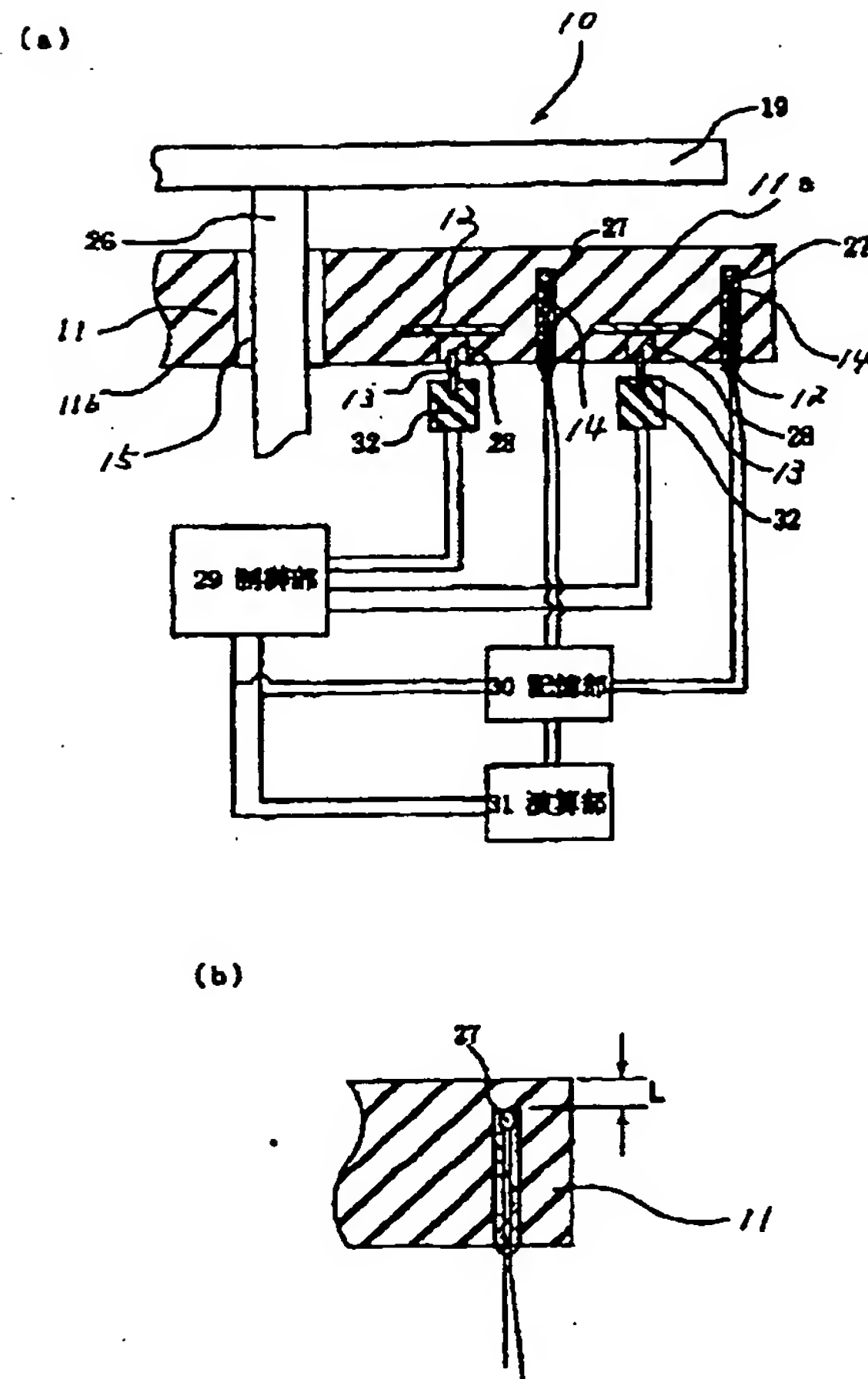
【符号の説明】

10	セラミックヒータ
11	ヒータ板
11a	加熱面
11b	底面
12	発熱体
13	端子ピン
14	有底孔
15	貫通孔
19	シリコンウエハ
24	金属被覆層
26	支持ピン
27	熱電対
28	スルーホール
29	制御部
30	記憶部
31	演算部
32	ソケット

【図3】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 古川 和正

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデ

ン株式会社大垣北工場内

Fターム(参考) 3K034 AA02 AA04 AA12 AA15 AA16

AA19 AA23 AA34 AA37 BA13

BA19 BB06 BB14 BC04 BC12

CA03 CA14 CA22 CA32 DA04

DA08 HA01 HA10 JA01 JA10

3K058 AA42 AA86 BA00 CA52 CA69

CE12 CE13 CE19 CE29

3K092 PP20 QA05 QB02 QB18 QB26

QB31 QB43 QB62 QB68 QB75

QB76 QC02 QC18 QC20 QC25

QC43 QC49 QC52 QC59 RF03

RF11 RF17 RF26 VV16 VV22

5F046 KA04